

# 長期材令コンクリートの調査研究

## (4. 本学旧紡織工場および福井紡績工場壁体)

川 上 英 男<sup>\*</sup>

### Investigation of Old Building Concrete (4)

Hideo KAWAKAMI

(Received Sep. 18, 1969)

The forth investigation of the old concrete was carried out on two buildings. The age of the buildings were 40 and 43 years. The main results obtained on the properties of the concrete were as follows;

- 1) The depth of alkali-lost in concrete was found to be 22-24 mm at the outside of the building. This value is close to the one estimated from the ever presented formula. In the inside, however, the value was twice as much.
- 2) The compressive strength in prism specimens cut out from structural members was 108-268 kg/cm<sup>2</sup>. The wide range of the values indicates the level of quality controle at the time.
- 3) The mixing proportion of cement, fine and coarse aggregate was evaluated as 1:3-3.2:2.6-6 in weight from the results of 700°C heating followed by hydrochloric acid treatment of the concrete.

#### 1 は し が き

長期材令コンクリートの調査の資料として既に3件について報告した<sup>1,2,3)</sup>。ここには、本学旧紡織工場と福井紡績機の外壁についておこなったシュミットハンマー、中性化、コアの圧縮などの試験結果をまとめた。

#### 2 本学旧紡織工場

この建物は、大正15年に建設され、昭和44年4月、建設工学科新築工事に先立って取壊しとなった。調査はこの時期におこなった。建物の断面図を図1に、平面図を図2に示した。尚、この建物は、戦災時にも入口の鉄扉付近に火害をうけただけで、内部は火災をまぬがれた。

##### 2・1 中性化深さ

図2に示す部位、すなわち地上部40地中18ヶ所について、取壊し中の断面またはタガネで研りとった部分

にフェノールフタレンの1%アルコール溶液を噴霧器で散布し、中性化深さを測定した。その結果は表1に

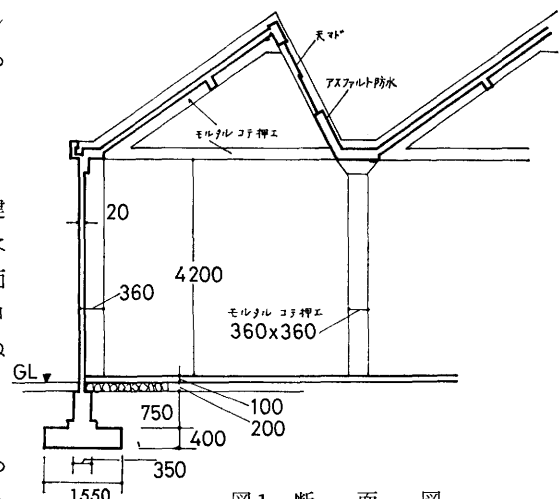


図1 断面図

\* 建築学科

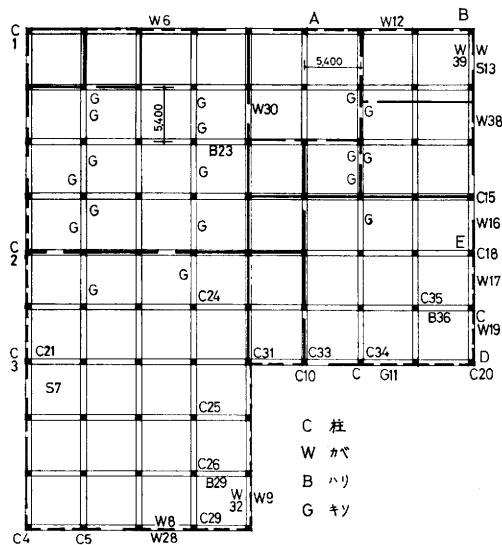


図2 平面図及び中性化測定位置

まとめた。コンクリートにはモルタル仕上が施されており、腰外部は更にその上に洗出し仕上がなされていた。この洗出し仕上のあった部分はその防護効果のため中性化が少ない。同表にはモルタルとコンクリートに分けて記入しておいた。地中基礎梁部分は、18ヶ所中1ヶ所3mmというのがみられた他はすべて中性化深さは0に近いものであった。これらを総括すると次のようである。

|                   | 測定数 | 中性化深さ範囲 | 平均   |
|-------------------|-----|---------|------|
| 外 部               | 21  | 0～33    | 17.8 |
| (洗出し部分を<br>除いた場合) | 14  | 8～33    | 22   |
| 内 部               | 19  | 10～74   | 42   |
| 地 中               | 18  | 0～3     | 0    |

表1 中 性 化 深 さ

| 外 部    |        |         |        | 内 部   |        |        |        |
|--------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|
| モルタル   | コンクリート | モルタル    | コンクリート | モルタル  | コンクリート | モルタル   | コンクリート |
| 1 柱    | 30 0   | 12 カベ   | 1 0    | 21 柱  | 10 0   | 31 柱   | 10 45  |
| 2 柱    | 30 3   | 13 ヒサシ下 | 17 0   | 22 カベ | 20 25  | 32 カベ  | 14 60  |
| 3 柱    | 30 2   | 14 カベ   | 8* 0   | 23 梁  | 10 10  | 33 柱   | 15 10  |
| 4 柱    | 0* 0   | 15 柱    | 12 5   | 24 柱  | 10 30  | 34 柱   | 10 10  |
| 5 柱    | 25 6   | 16 カベ   | 9 11   | 25 柱  | 10 60  | 35 柱   | 23 40  |
| 6 カベ   | 10 20  | 17 カベ   | 10* 0  | 26 柱  | 10 30  | 36 梁   | 10 60  |
| 7 集じん塔 | 20 0   | 18 柱    | 5* 4   | 27 柱  | 12 3   | 37 カベ  | 10 0   |
| 8 カベ   | 8 0    | 19 カベ   | 3* 0   | 28 カベ | 12 40  | 38 カベ  | 10 10  |
| 9 カベ   | 10 20  | 20 柱    | 10 0   | 29 梁  | 10 50  | 39 スラブ | 30     |
| 10 柱   | 15 5   | 40 スラブ  | 20     | 30 カベ | 10 40  |        |        |
| 11 梁   | 20 0   |         |        |       |        |        |        |

\* 洗出し仕上が施されている部分

経過年数と中性化深さの関係式(1) (浜田) によって,

$$t = 7.2x^2 \dots \dots \dots (1) \quad t : \text{経過年数} \\ x : \text{中性化深さ}$$

$t = 43$ に対する $x$ を求めると、24.2mmとなる。建物外部についての測定値は、ほぼこの値に近い。内部はこの約2倍の値を示している。これは、前報<sup>2)</sup>と一致する結果である。

## 2・2 シュミットハンマー

図2に示す5ヶ所について測定した反発係数は表2のようであった。測定法は前報<sup>2)</sup>と同じである。

これより、(2)式を用いて推定される圧縮強度は、 $286 \text{ kg/cm}^2$ である。

$$F_c = 13 \cdot R - 184 \dots \dots \dots (2)$$

R : 反発係数

$F_c$  : コンクリート圧縮強度

## 2・3 切り取りコアによる圧縮試験

取壊し時に、コンクリートの塊を採取し、カッターで角柱体に整形、キャッピングの後、圧縮試験をおこなった。この際、抵抗線歪計によって応力度歪度関係を測定した。またこれより最大応力度の $\frac{1}{3}$ における弾性係数を求めた。結果を表3にまとめた。

強度面では、107～168と255～268 $\text{kg/cm}^2$ の2グループに分れているのが特色で、全平均は155 $\text{kg/cm}^2$ である。(2)式の右辺の第2項を修正する形で式を求めると、

$$F_c = 13 \cdot R - 315 \dots \dots \dots (2)' \text{ となる。}$$

これは、前報<sup>1)2)</sup>の場合とほぼ等しい式となる。

応力度歪度曲線を図3に示した。前述の強度上の品

表2 シュミットハンマーテスト結果

| 測定箇所 | 打撃数 | 反発係数平均 | 全平均  |
|------|-----|--------|------|
| A    | 7   | 33.5   | 36.2 |
| B    | 4   | 31.5   |      |
| C    | 8   | 41.6   |      |
| D    | 10  | 38.4   |      |
| E    | 15  | 36.1   |      |

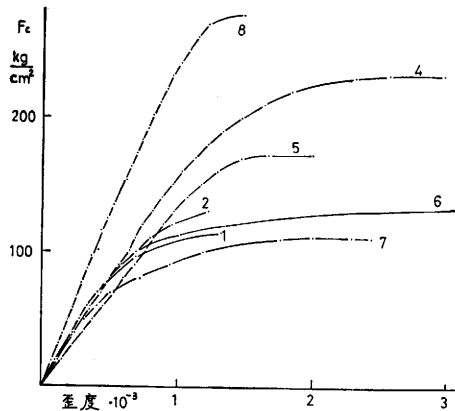


図 3

質のパラッキと同様に、かなりの差がみうけられる。  
弾性係数は、 $2.68\text{kg/cm}^2$  の 1 例を除いては、 $1.32\sim$

$1.80 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$  である。従来提案されている<sup>5)</sup>式(3)

$$E_{1/3} F_c = 4500 \cdot \rho^{1.5} \cdot F_c^{0.5} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$\rho$  : 比重,  $F_c$  : 圧縮強度

によって強度と比重から弾性係数を求めて表3に付記した。測定値はほぼこの値に一致する。すなわち弾性係数の差異も強度に起因するものと考えられ、施工時の品質のパラッキによるものとみなすことができる。

## 2・4 化学分析

前述の圧縮試験で強度が最大最小を示した試験体について、強熱(700℃)後、塩酸処理する方法(文献1参照)によって比重、調合を求め、表4に示した。

調合比は $1:3:2.6 \sim 1:3.2:6$ と広範囲に異なっており、強度が低い供試体の調合は粗骨材が多く、貧調合となっている。これらの調合を比較するとき前項で述べたように当時の品質管理が必ずしも充分でないことを示していると考えられる。

## 3 福井紡績工場外壁

昭和3～4年の建造とされている。以前は鉄骨上屋がこの外壁の上ののっていた。調査は、43年11月、外壁の取壊し時におこなった。

表3 コア圧縮試験結果

| No. | 部材  | 供試体サイズ<br>(辺×高さ)(cm) | 角柱圧縮強度<br>( $\text{kg/cm}^2$ ) | 円柱体圧縮強度<br>( $\text{kg/cm}^2$ )** | 弾性係数*<br>( $10^5 \text{kg/cm}^2$ ) |
|-----|-----|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1   | 中北柱 | 10.2×10.2×19.0       | 114                            | 111                               | 1.73                               |
| 2   | 西中梁 | 10.0×10.0×17.5       | 130                            | 126                               | 1.80                               |
| 3   | 西南柱 | 7.6×7.7×15.4         | 113                            | 107                               | —                                  |
| 4   | 西中柱 | 10.0×10.0×18.0       | 232                            | 225                               | 1.58                               |
| 5   | 西北柱 | 10.0×10.0×17.5       | 173                            | 168                               | 1.32                               |
| 6   | 中北柱 | 10.0×10.0×18.2       | 111                            | 108                               | 1.76 (1.53)                        |
| 7   | 西北梁 | 10.0×10.0×16.0       | 133                            | 129                               | 1.70                               |
| 8   | 西南梁 | 10.0×10.4×21.0       | 277                            | 268                               | 2.68 (2.55)                        |

(\*) 最大応力の $1/3$ におけるセカントモジュラス

(\*\*) 形状効果を無視し、サイズ効果だけを補正

( ) 内は(3)式による値

表 4

| No.   | 比 重  |      |      | 絶 乾<br>(g) | 強熱後<br>(g) | 不溶残分<br>(g) | 溶出分<br>(g) | 調 合 比 |     |     |
|-------|------|------|------|------------|------------|-------------|------------|-------|-----|-----|
|       | 表乾   | 気乾   | 絶乾   |            |            |             |            | セメント  | 砂   | 砂利  |
| No. 8 | 2.35 | 2.29 | 2.22 | 628        | 599        | 508         | 91         | 1     | 3   | 2.6 |
| No. 6 | 2.30 | 2.21 | 2.17 | 562        | 543        | 490         | 53.4       | 1     | 3.2 | 6   |

### 3・1 中性化深さ

方法は前述に同じ、結果は表5に示した。

表5 中性化深さ測定結果

|     | 中性化深さ(mm)  |            |            |            | 平均値(mm)     |
|-----|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 外 部 | 35,<br>(8) | 15,<br>(8) | 20,<br>(4) | 28,<br>(4) | 24.5<br>(6) |
| 内 部 | 25,<br>(8) | 30,<br>(7) | 30,<br>(0) | 45,<br>(0) | 32.5<br>(4) |

( ) 内は仕上モルタル厚さ(mm)で中性化深さに含まれる。

前述(1)式による中性化深さの推定値は、材令40年に対して23.6mmとなる。外部の中性化深さ測定結果は、ほぼこれに近い。内部の中性化深さは、この32%増しになっている。

なおコンクリートが中性化していない部分であっても充てん不十分のための空隙部分では鉄筋が錆びているのがみうけられた。

### 3・2 シュミットハンマーテスト

柱型部分に対して反発係数を測定した結果は、表6のようであった。(2)式による推定強度は356kg/cm<sup>2</sup>となる。

表6 反発係数測定値

|   | 打撃数 | 反発係数平均 | 全平均  |
|---|-----|--------|------|
| 1 | 13  | 41.6   | 41.7 |
| 2 | 13  | 42.3   |      |
| 3 | 13  | 41.0   |      |
| 4 | 11  | 42.0   |      |

### 3・3 切り取りコアの圧縮試験

採取した3ケのコンクリート塊を整形、キャッピングして圧縮試験をおこなった結果は、表7のようであった。この平均値はシュミットハンマーによる推

定値をはるかに下廻る。

$$(2)' \text{の形の推定式を、この結果から逆に求めると、} \\ Fc = 13 \cdot R - 345 \quad \dots\dots\dots(2)'$$

となる。

## 4 む す び

以上、材令約40年のコンクリートについての調査結果をまとめると次のようである。

1) 中性化深さは、外部については在来の推定式による値とほぼ一致するが、内部はその1.3～2倍の中性化深さを示している。地中では中性化は殆ど無視しうることがあきらかとなった。

2) コアによる圧縮強度は、シュミットハンマーによる推定値よりはるかに低く、在来の推定式は、このような長期材令コンクリートに対してはあてはまらないことが示された。また、この調査結果から妥当と考えられる推定式を求めた。

3) 化学分析によって推定したコンクリート調合比は1:3:2.6～1:3.2:6となった。この調合の差が圧縮強度が108～225kg/cm<sup>2</sup>の広範囲にちらばった原因であり、当時の品質管理の不十分な一面を示すものと考えられる。

謝辞 福井紡績外壁の調査には、福井市ミノル建築事務所本祿氏の御協力を、また、本学旧工場の場合は本学施設課および土田技官の御協力を得た。ここに謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 川上：福井大工報 Vol. 16, No. 1, Mar. 1963, pp. 109.～116
- 2) 川上：福井大工報 Vol. 16, No. 2, Sep. 1963, pp. 305～320.
- 3) 川上：福井大工報 Vol. 17, No. 1, Mar. 1964, pp. 89～94
- 4) 近藤、坂：コンクリートハンドブック 朝倉書店、昭32年, pp. 200～202
- 5) 奥島、小阪：材料、第15巻、第157号、昭41, pp. 691～698.  
(昭和44年9月18日受理)

表7 コア の 圧 縮 試 験 結 果

| 供試体系状<br>高さ×辺長 (cm) | 断面積<br>(cm <sup>2</sup> ) | 角柱強度<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 標準供試体強度(*)<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | 同左平均<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 10.6×8.1×8.4        | 68.04                     | 206                           | 179                                 | 197                           |
| 11.2×7.2×8.4        | 60.48                     | 154                           | 136                                 | (53.2)(**)                    |
| 9.6×7.6×9.1         | 69.16                     | 305                           | 264                                 |                               |

\* 文献(4)中の形状効果の係数(Bach, Burchardt, 坂 による)を乗じて円柱標準供試体の強度に換算

\*\* 標準偏差